

Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador

Survival, mortality and growth of three forest species planted in Andean scrubland in southern Ecuador

Zhofre Huberto Aguirre Mendoza¹

Telmo Galecio Gaona Ochoa²

Vanesa Granda Moser³

Juan Carlos Carrión González⁴

¹Ingeniero Forestal, Doctor en Ciencias Forestales. Docente Investigador de la Universidad Nacional de Loja. Director del Herbario LOJA. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6829-3028>, Correo electrónico: zhofrea@yahoo.es

²Honorable Consejo provincial de Manabí. Ecuador. Correo electrónico: telmoforestal@yahoo.es

³Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Correo electrónico: vanesa.granda@unl.edu.ec

⁴Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Correo electrónico: juancacarrion_24@yahoo.es

Recibido: 28 de mayo de 2019.

Aprobado: 21 de octubre de 2019.

RESUMEN

Se experimentó la plantación de tres especies forestales en matorral andino en el sur del Ecuador, en dos áreas: una realizando plantación pura, sembrando 20 plantas por especie en bloque, con tres repeticiones y otra con plantación mixta, 20 individuos mezclados en cada bloque. Se calculó la sobrevivencia, mortalidad, crecimiento medio e incremento periódico anual de diámetro y altura. La sobrevivencia a los tres años: *Cedrela montana* en plantación pura 37 % y mixta 10 %; *Jacaranda mimosifolia* en plantación pura 58 % y mixta 55 % y *Lafoensia acuminata* en plantación pura 93 % y mixta 75 %. La mortalidad anual: *Cedrela montana* en plantación pura 33 % y mixta 77 %; *Jacaranda mimosifolia* en plantación pura 18 % y mixta 20 % y *Lafoensia acuminata* en plantación pura 2 % y mixta 10 %. Crecimiento en tres años: *Cedrela montana* en plantación pura, diámetro 0,18 cm y altura 11,12 cm; plantación mixta, diámetro 0,36 cm y altura - 3,08 cm; *Jacaranda mimosifolia* en plantación pura, diámetro - 0,05 cm y altura - 0,38 cm y en plantación mixta, diámetro -0,003 cm y altura 8,34 cm; *Lafoensia acuminata* en plantación pura, diámetro 0,08 cm y altura 21,95 cm y en plantación mixta diámetro 0,05 cm y altura 4,83 cm. Existe decrecimiento en altura en *Cedrela montana* y *Jacaranda mimosifolia*; esto responde a la muerte apical de algunos individuos. Existen diferencias de sobrevivencia y crecimiento entre áreas, debido a las especies utilizadas y a factores biofísicos de los sitios.

Palabras clave: sobrevivencia; mortalidad; restauración; matorral andino; sur del Ecuador; plantaciones forestales.

ABSTRACT

The planting of three forest species in Andean scrubland in southern Ecuador was experienced in two areas: one carrying out pure planting, planting 20 plants per block species, with three repetitions; and a second area with mixed plantation 20 mixed individuals in each block. Survival, mortality, average growth and annual periodic increase in diameter and height were calculated. Survival at 3 years: *Cedrela montana* in 37 % pure plantation and mixed 10 %, *Jacaranda mimosifolia* pure plantation 58 % and mixed 55 % and *Lafoensia acuminata* pure plantation 93 % and mixed 75 %. Annual mortality: *Cedrela montana* pure plantation 33 % and mixed 77 %, *Jacaranda mimosifolia* pure plantation 18 % and mixed 20 % and *Lafoensia acuminata* pure plantation 2% and mixed 10 %. Growth in three years: *Cedrela montana* pure plantation diameter 0,18 cm and height 11,12 cm; mixed plantation diameter 0,36 cm and height 3,08 cm, *Jacaranda mimosifolia* pure plantation diameter 0,05 cm and height 0,38 cm; mixed plantation diameter -0,003 cm and height 8,34 cm, *Lafoensia acuminata* pure plantation diameter 0,08 cm and height 21,95 cm; mixed plantation diameter 0,05 cm and height 4,83 cm. There is decrease in height in *Cedrela montana* and *Jacaranda mimosifolia*, this responds to the apical death of some individuals. There are differences in survival and growth between areas, due to the species used and biophysical factors of the sites.

Keywords: survival; mortality; restoration; average growth; southern Ecuador; forest plantations.

INTRODUCCIÓN

El hotspot de los Andes Tropicales es una importante región ecológica con gran potencial para la restauración de bosques (Conservación Internacional, 2014). Dentro de este ecosistema, los bosques montanos del norte y sur del Ecuador tienen altos niveles de riqueza de especies y endemismo (Gentry, 1992). Sin embargo, la estructura y dinámica de la vegetación se ve fuertemente afectada por la transformación de la cobertura forestal a otros usos de la tierra, siendo una de las principales causas la fragmentación, degradación y pérdida de la biodiversidad (Reyes, 2004; Etter *et al.*, 2008).

No obstante, datos recientes revelan que las áreas de bosques degradadas y tierras agrícolas abandonadas se están recuperando y las formas de restauración, tanto activa como pasiva, son una alternativa para estabilizar los paisajes erosionados (Silver *et al.*, 2000).

La restauración ecológica es el proceso de recuperación de un ecosistema degradado, dañado o destruido (SER, 2004). Es una actividad que inicia y/o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad; incluye la mejora de las funciones y servicios del ecosistema (Vasseur, 2012). Es un componente de conservación y de programas de desarrollo sostenible en todo el mundo (SER, 2004). La ONU declara como la década de la restauración ecológica al período 2020-2030.

La restauración pasiva consiste en la eliminación del agente de tensión que está limitando la regeneración natural en la zona. Sin embargo, a pesar de que se trata de una práctica económica y sencilla, varios estudios llevados a cabo en escenarios donde se aplicó la restauración pasiva evidencian que, debido a las condiciones ambientales de los sitios alterados, los procesos naturales se tornan lentos, tomando varios años para establecer una cubierta vegetal similar al sitio de referencia (Voss *et al.*, 2001; Günter *et al.*, 2007, 2011; Knoke *et al.*, 2014; Palacios *et al.*, 2015).

La restauración activa va dirigida a restaurar la cobertura vegetal o a recuperar la funcionalidad del ecosistema, el cual es un proceso integral y complejo que implica un gran esfuerzo. La restauración activa suele aplicarse a través de técnicas de enriquecimiento de plantaciones exóticas y mixtas (Aguirre *et al.*, 2006; Beck *et al.*, 2008; Mazón & Aguirre, 2016; Mazón *et al.*, 2017; Murcia *et al.*, 2017). Para la Región Sur del Ecuador, la plantación de enriquecimiento puede resultar una interesante opción para convertir plantaciones de especies exóticas en sistemas o ambientes más naturales, los cuales pueden contribuir a la restauración de la biodiversidad.

En las actuales circunstancias la restauración ecológica se plantea como una prioridad mundial (Mazón *et al.*, 2017). En el ámbito internacional, se puede citar el *Desafío de Bonn*, lanzado en 2011, que constituye un esfuerzo global que persigue restaurar 150 millones de hectáreas de tierras deforestadas y degradadas hasta el 2020. Este desafío fue extendido en la declaración de Nueva York firmada en 2014, con la intención de alcanzar 200 millones de hectáreas adicionales para el año 2030 (Laestadius *et al.*, 2011). También existe la meta 14 del Convenio de Diversidad Biológica, que para el año 2020 se logren restaurar y salvaguardar los ecosistemas con mayor riesgo de degradación y que produzcan los mayores beneficios ambientales (CDB, 2010); por otro lado, se destaca la iniciativa 20-20 que inició en el 2014, donde los países de América Latina y el Caribe trabajarán en conjunto con actores locales para alcanzar la restauración de 20 millones de hectáreas de tierras degradadas para el año 2020 (WRI, 2014).

En el Ecuador, la restauración ecológica ha tomado fuerza desde que la Constitución Política del Ecuador 2008, en el artículo 72, reconoce como aspecto sobresaliente el derecho que tiene la naturaleza a ser restaurada en caso de presentar consecuencias negativas con el ambiente; asimismo, se contempla la restauración del Plan Nacional del Buen Vivir 2017-2021, en el eje 3, en su objetivo 3, donde enfatiza la responsabilidad ética con las actuales y futuras generaciones para que se mantenga, precautele y soporte a la vida en todas sus formas y reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (SENPLADES, 2017).

En la región sur del Ecuador existen muchas áreas degradadas por varias razones y no se ha experimentado la recuperación de la composición y funcionalidad de estos sistemas a nivel de paisaje, situación que apoyaría a planificar e implementar acciones de restauración (Aguirre y Mazón, 2016).

Para suplir este vacío de información se implementó este experimento con el propósito de evaluar la sobrevivencia, mortalidad y crecimiento inicial en diámetro y altura de tres especies forestales plantadas en un matorral andino que se encontraba recuperándose naturalmente. El documento contiene resultados iniciales de tres años de observación y contempla la sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de las tres especies en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" (PUFVC) está ubicado en el sector "La Argelia", parroquia "San Sebastián", en el cantón "Loja"; es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, tiene una superficie de 99,13 ha, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 msnm. Se encuentra localizado entre las coordenadas UTM: 700 592 9 554 223N, 700 970 9 553 139S - 701 309 9 553 171E, 699 961 9 554 049W (Aguirre, Yaguana y Gaona, 2016) (Figura 1). El área de intervención es un matorral bajo producto de sucesión vegetal después de haber sido plantado con *Pinus radiata* y de soportar tres incendios forestales en el lapso de siete años.

Las áreas en estudio están ubicadas en la zona de vida bosque seco montano bajo (bs-MB) (Cañadas, 1983); presenta una temperatura media anual de 16,6°C, precipitación media anual de 955 mm/año (Palacios, 2012). El suelo es de material parental de rocas metamórficas, de baja fertilidad, medianamente profundos (60 cm), de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso, pH ácido. Se trata de suelos coluviales donde ha existido la acción constante de fenómenos geomorfológicos que han modificado la fisiografía con grandes deslizamientos y la acción de la erosión pluvial, que ha dado como resultado la formación de estoraques y colinas (Guarnizo y Villa, 1995; Aguirre, 2001).

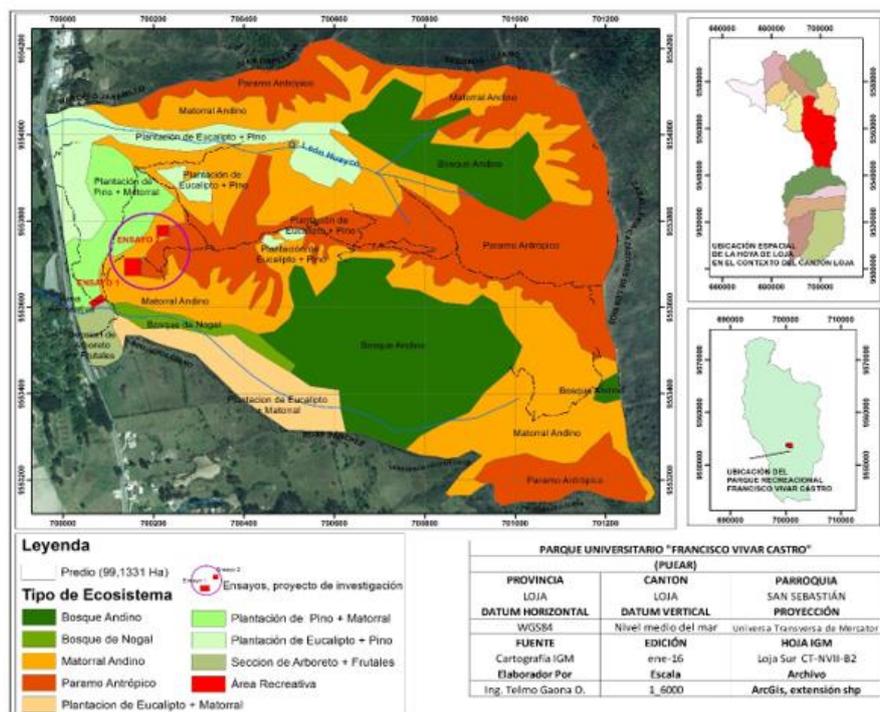


Fig. 1. - Ecosistemas del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro". En el ecosistema matorral andino, se encuentran ubicados los ensayos de la investigación

Diseño de los ensayos en el matorral andino del PUFVC

Los ensayos se establecieron en bloques. Se utilizaron tres especies forestales: *Cedrela montana* Moritz ex Turcz (cedro blanco), *Lafoensia acuminata* (Ruiz & Pav.) DC. (guararo) y *Jacaranda mimosifolia* D. Don. (arabisco), que son especies usadas en actividades forestales en la zona y conocidas por la población. En el primer ensayo de 42 x 33 m (Figura 2), se instalaron tres repeticiones por especie, dando un total de nueve bloques, sembrando 20 individuos de cada especie a un espaciamiento de 3 x 3 m. En el segundo ensayo de 27 x 21 m, se instalaron tres bloques, en cada bloque se combinaron las tres especies forestales con un total de 20 individuos de cada especie en experimento (Figura 3).

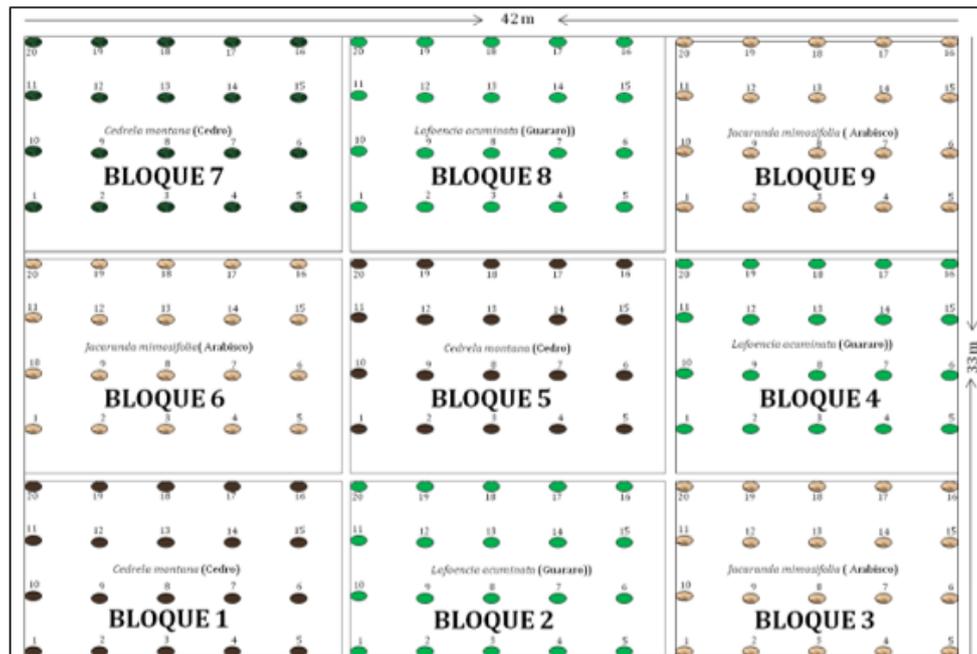


Fig. 2. - Especies forestales del primer ensayo establecido en el Parque Universitario

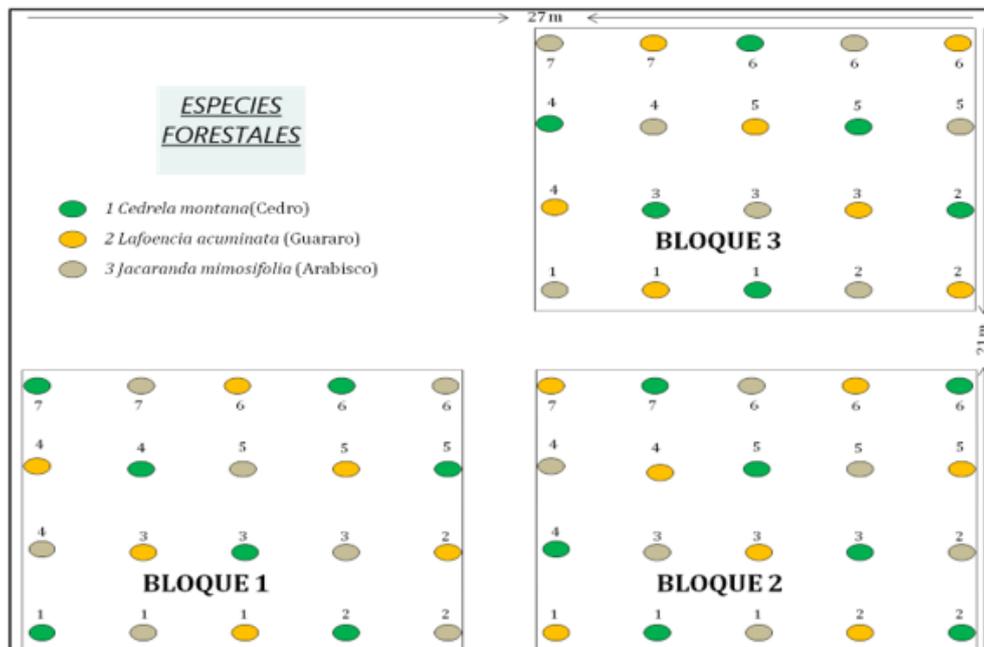


Fig. 3. - Especies forestales del segundo ensayo establecido en el Parque Universitario

Determinación del crecimiento de las especies establecidas

Se realizaron dos mediciones: al inicio del experimento y a los tres años de establecido el ensayo. En cada unidad de muestreo se evaluaron el diámetro, la altura total, el área basal y el volumen de todos los individuos de las especies en estudio; las que se indican en las figuras #2 y #3. La medición de la altura se realizó con una cinta métrica y el diámetro en la base de la planta usando un calibrador.

Con los datos obtenidos se calculó el crecimiento medio anual de volumen, diámetro, área basal y altura, usando las fórmulas planteadas por Quesada *et al.* (2012) (Tabla 1). Asimismo, se establecieron los límites de confianza para cada uno de los estimadores de las variables dasométricas.

La mortalidad (m) fue calculada con un modelo logarítmico (Lieberman y Lieberman 1987; Sheil *et al.*, 1995; Condit *et al.*, 1999; Hoshino *et al.*, 2002; Marín *et al.*, 2005), durante un período de tres años (2016-2019). La mortalidad con el número de árboles por área fue calculada aplicando la ecuación #1:

$$m = \frac{\ln N_0 - \ln N_s}{t} \quad (1)$$

Donde:

m = mortalidad, expresada en %/año.

\ln = Logaritmo natural.

N_0 = Número de individuos en la primera toma de datos.

N_s = Número de individuos originales sobrevivientes al final del período.

t = Edad de la plantación en años.

Sobrevivencia: fue determinada en base a la relación porcentual entre el número de plantas establecidas y el número de plantas vivas encontrada al momento de la medición.

Variables consideradas en la investigación

Las variables que fueron medidas y calculadas en la investigación en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" son: diámetro a la base del tallo (D cm), altura total (AT m), incremento medio anual (IMA) e incremento periódico anual (IPA).

Cálculos de crecimiento e incrementos de las variables analizadas

Con los datos obtenidos de los registros iniciales y actuales, se calculó el crecimiento y el incremento, a nivel de individuos y de especies, dentro del ensayo (Tabla 1). Para estos análisis se consideró como crecimiento inicial la primera medición (al instalar el ensayo) y como crecimiento final la última medición (tres años de plantación). Los cálculos se realizaron para cada individuo mediante la aplicación de las fórmulas planteadas en la tabla #1 y los valores analizados comprenden los promedios tanto en individuos como por especie.

Tabla 1. - Fórmulas para el cálculo de los parámetros evaluados en el seguimiento de la investigación

Parámetros	Fórmulas	Leyenda (explicación)
Crecimiento en Diámetro (cm)	$Cr. D = Df - Di$	Df = Diámetro al final del período Di = Diámetro al inicio del período
Crecimiento en Altura (cm)	$Cr. H = Hf - Hi$	Hf = Altura al final del período Hi = Altura al inicio del período
Crecimiento del Área basal (cm ²)	$Cr. G = Gf - Gi$	Gf = Área basal final Gi = Área basal inicial
Crecimiento medio anual de volumen (cm ³), altura (cm), D (cm) y área basal (cm ²)	$CMA = CF/t$	CMA = Crecimiento medio anual Cf = Crecimiento final t = Edad de la especie en años
Incremento Periódico Anual: volumen (cm ³), altura (cm), D (cm) y área basal (cm ²)	$IPA = Crf - Cri/t$	IPA = Incremento Periódico Anual Crf = Crecimiento final Cri = Crecimiento inicial t = Número de años del período

Fuente: Quesada *et al.* (2012)

Análisis de datos

Se realizó la descripción de la tasa de sobrevivencia, mortalidad, crecimiento de diámetro, área basal, volumen y altura de cada especie forestal; además, se calculó el incremento medio anual de crecimiento en diámetro a la base de la planta, altura,

volumen y área basal. Este estudio permitió determinar las especies de mayor crecimiento anual en los diferentes bloques. Se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) con el fin de identificar diferencias significativas a nivel de especies y su adaptación para sistemas de plantación, ya sea utilizando una sola especie o en combinación. También se realizó un análisis de regresión entre el diámetro como variable dependiente y la altura como variable independiente. Para el análisis se usó el software estadístico INFOSTAT.

RESULTADOS

Mortalidad y sobrevivencia de las tres especies forestales

Las variables de mortalidad y sobrevivencia evaluadas en el período 2016-2019, indicaron que: *Cedrela montana* presenta los mayores niveles de mortalidad por año en plantaciones puras como en rodales asociados, seguido por *Jacaranda mimosifolia*, la cual tiene un nivel de sobrevivencia medio y finalmente *Lafoensia acuminata*, que registró mayores valores de sobrevivencia en plantaciones asociadas y en rodal puro, siendo este último el mejor con el 93 % de sobrevivencia (Tabla 2).

Tabla 2. - Mortalidad y sobrevivencia de tres especies forestales en proceso de restauración

Especie	Plantación	Inicio período	Final período	Sobrev (%)	Mort %/año
<i>Cedrela montana</i>	Mixta	20	2	10,00	76,75
	Pura	60	22	36,67	33,44
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Mixta	20	11	55,00	19,93
	Pura	60	35	58,33	17,97
<i>Lafoensia acuminata</i>	Mixta	20	15	75,00	9,59
	Pura	60	56	93,33	2,30

Crecimiento e incremento en diámetro, altura, área basal y volumen de las especies forestales

En relación con el crecimiento e incremento de las variables dasométricas, los resultados indican una tendencia negativa, tanto para *Cedrela montana* como para *Jacaranda mimosifolia*, principalmente en el crecimiento en altura, el cual responde a muerte apical de los individuos y, por tanto, medición de alturas en rebrotes. El crecimiento en diámetro hasta el período de evaluación fue poco significativo, siendo mayor para *Cedrela montana* en plantaciones combinadas (Tabla 3).

Tabla 3. - Crecimiento e incremento en diámetro y altura de tres especies forestales

Especie	Tipo	Cr_d	Cma_d	Ipa_d	Cr_altura	Cma_h	Ipa_h
<i>Cedrela montana</i>	Mixta	0,36	0,23	0,12	-3,08	11,00	-1,03
	Pura	0,18	0,17	0,06	11,12	11,71	3,71
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Mixta	-0,003	0,11	0,00	8,34	6,70	2,78
	Pura	-0,05	0,08	-0,02	-0,38	4,02	-0,13
<i>Lafoensia acuminata</i>	Mixta	0,05	0,11	0,02	4,83	7,91	1,61
	Pura	0,08	0,12	0,03	21,95	13,37	7,32

CR_D: Crecimiento en diámetro basal (cm); CMA_d; Crecimiento medio anual diamétrico (cm); IPA_d: Incremento periódico anual diamétrico (cm); CR_H: Crecimiento en altura (cm); CMA_H: Crecimiento medio anual altimétrico (cm); IPA_H: Incremento periódico anual altimétrico (cm)

En el crecimiento e incremento de área basal y volumen se observó un patrón similar al diámetro y la altura. Se evidencia una tendencia negativa, tanto para *Cedrela montana* como para *Jacaranda mimosifolia*, principalmente en el crecimiento en volumen e Incremento Periódico Anual (IPA). El crecimiento basal en el período de evaluación es poco significativo, siendo mayor para *Lafoensia acuminata*, seguido de *Cedrela montana* en plantaciones puras (Tabla 4).

Los valores negativos responden a individuos que sufrieron muerte apical y al final de la evaluación se registraron valores inferiores a los iniciales. Esto implica que posiblemente algunos individuos sufrieron estrés y/o problemas de adaptación hasta volver a su desarrollo.

Tabla 4. - Crecimiento e incremento en área basal y volumen de tres especies forestales

Especie	Tipo	CR_G	CMA_G	IPA_G	CR_Vol.	CMA_Vol.	IPA_Vol.
<i>Cedrela montana</i>	Mixta	-0,92	0,30	-0,31	-22,59	8,09	-7,53
	Pura	1,00	2,04	0,33	155,88	80,68	51,96
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Mixta	-0,70	0,32	-0,23	2,43	5,35	0,81
	Pura	-2,09	0,71	-0,70	-4,89	10,59	-1,63
<i>Lafoensia acuminata</i>	Mixta	0,06	0,42	0,02	5,56	7,34	1,85
	Pura	2,65	2,27	0,88	187,73	80,23	62,58

CR_G: Crecimiento en basimétrico (cm²); CMA_G: Crecimiento medio anual basimétrico (cm²); IPA_G: Incremento periódico anual basimétrico (cm²); CR_Vol.: Crecimiento volumétrico (cm³); CMA_Vol.: Crecimiento medio anual volumétrico (cm³); IPA_Vol.: Incremento periódico anual volumétrico (cm³)

Análisis estadístico

De acuerdo al Análisis de Varianza (ANOVA), se encontraron diferencias significativas en alturas de las plantas por sitio: *Jacaranda mimosifolia* reportó mejor crecimiento en altura en rodales mixtos con *Cedrela montana* y *Lafoensia acuminata*. Respecto al diámetro de las especies no presentaron diferencias significativas en los dos tipos de plantación para las especies estudiadas (Tabla 5).

Tabla 5. - Análisis de varianza a nivel de especies y tipo de plantación para las variables en altura y diámetro de las plantas

Variable	Especie	Plantación	Medias	E.e.	Significancia (0,05)
Altura	<i>Cedrela montana</i>	Mixta	3,3	± 2,68	a
		Pura	12,88	± 2,47	a
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Mixta	11,05	± 2,68	b
		Pura	7,03	± 2,47	a
	<i>Lafoensia acuminata</i>	Mixta	17,8	± 2,68	b
		Pura	37,43	± 2,47	b
Diámetro	<i>Cedrela montana</i>	Mixta	0,07	± 0,04	a
		Pura	0,18	± 0,03	a
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Mixta	0,17	± 0,04	ab
		Pura	0,14	± 0,03	a
	<i>Lafoensia acuminata</i>	Mixta	0,24	± 0,04	b
		Pura	0,34	± 0,03	b

Letras iguales no existe diferencias, letras diferentes existe diferencia significativa

Los análisis de las variables por especie y por sitio muestran diferencias significativas para *Lafoensia acuminata*, la cual presenta los mayores valores en altura y en diámetro, en comparación con las otras dos especies, lo que sugiere que es la especie con potencial para programas de restauración (Figura 4). Con estos resultados se puede inferir que *Lafoensia acuminata* y *Cedrela montana* presentan un mejor comportamiento en una plantación pura que en plantación mixta; mientras que *Jacaranda mimosifolia* se desarrolla mejor en plantaciones combinadas.

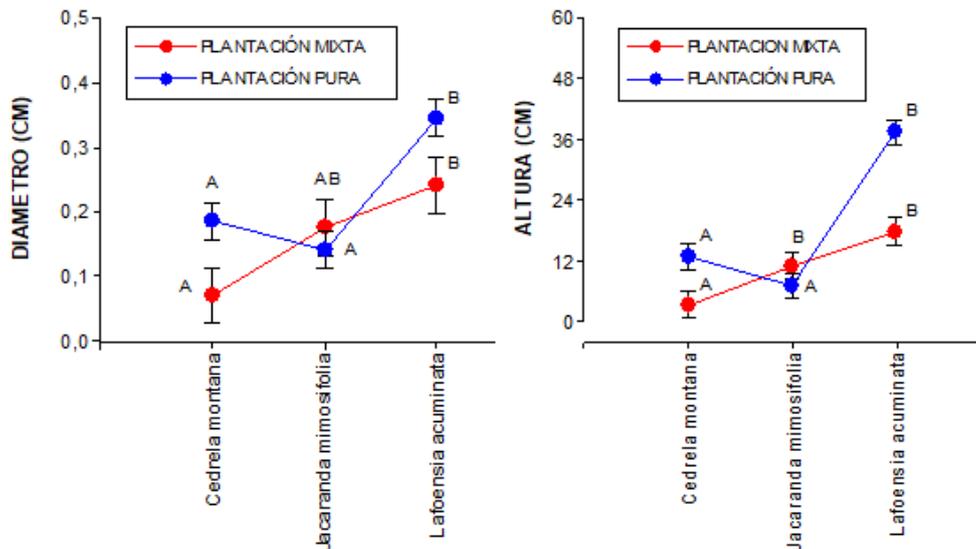


Fig. 4. - Análisis de varianza entre especies y por tipo de plantación evaluada

Los análisis de regresión reportaron una correlación positiva significativa entre las variables diámetro y altura; es decir, por cada incremento en diámetro el modelo indica una tendencia creciente en altura para las especies en estudio (Figura 5).

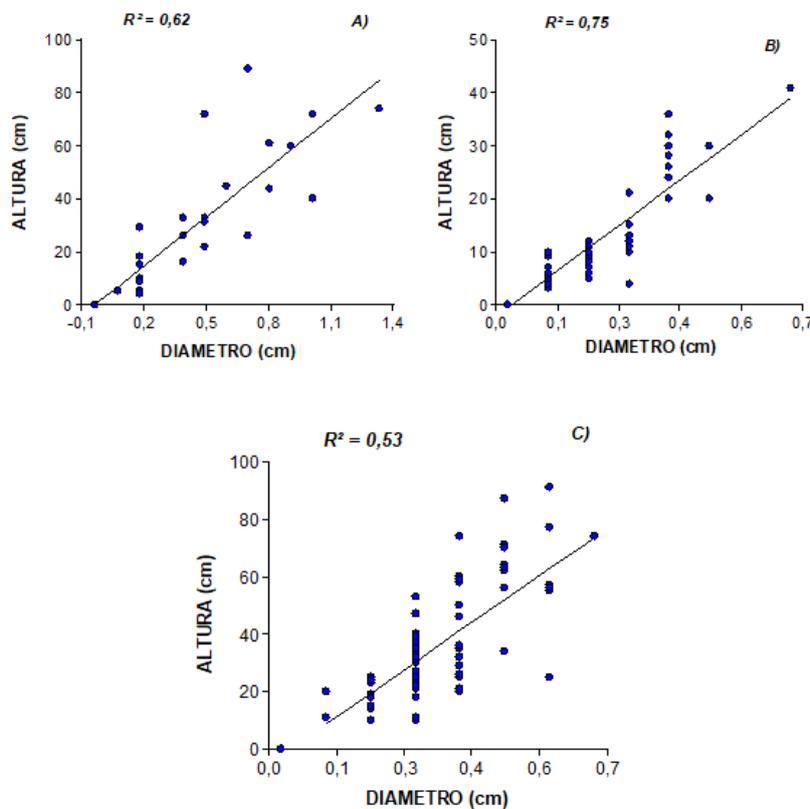


Fig. 5. - Análisis de regresión de las especies en estudio: A) *Cedrela montana*, B) *Jacaranda mimosifolia* y, C) *Lafoensia acuminata*

DISCUSIÓN

El estudio de la adaptación de las especies forestales en procesos de restauración de paisajes es clave para determinar las especies idóneas y de menor costo. Los resultados obtenidos ubican a *Lafoensia acuminata* como la especie que mayor sobrevivencia presenta, de acuerdo a las condiciones del sitio, ya sea en plantaciones mixtas o en rodales puros, coincidiendo con lo reportado por Aguirre y León (2010) y Aguirre y León (2011).

En el caso de *Cedrela montana*, esta responde de mejor manera en rodales puros; sin embargo, su mortalidad es elevada en los dos tipos de plantación. Estos resultados tienen concordancia, en cierta medida, a lo registrado por González *et al.* (2010), quien obtuvo una sobrevivencia del 53 %; no obstante, las condiciones del sitio son diferentes. En el caso de *Jacaranda mimosifolia*, presenta mejor adaptabilidad en plantaciones combinadas; posiblemente la especie requiere para su desarrollo de la asociación con otras especies.

En relación con el crecimiento diamétrico, no se observó mayor significancia para las tres especies en estudio; pero para la variable altura *Lafoensia acuminata* tiene los valores más altos seguida de *Cedrela montana*, las dos son resultado de plantaciones puras; mientras que *Jacaranda mimosifolia* obtuvo valores mayores en plantaciones mixtas. Estos resultados pueden tener respuesta de forma directa con la densidad de plantación que al generar competencia por la luz estimula el crecimiento en longitud.

En cuanto al crecimiento basimétrico y volumétrico, las especies mantienen el mismo patrón que la altura, ubicando a *Lafoensia acuminata* como la especie de mejor respuesta en crecimiento, seguido de *Cedrela montana* y *Jacaranda mimosifolia* que presenta valores más bajos, incluso negativos, debido a la mortalidad de las partes apicales, resultados que difieren a lo publicado por Mostacedo y Pinar (2001), quienes reportan una mortalidad baja para esta especie.

Lafoensia acuminata, registró el mejor crecimiento respecto a la altura de las plántulas. Sin embargo, no muestra diferencias significativas en los tipos de plantación, a excepción de *Jacaranda mimosifolia* que presenta diferencia cuando está en plantación mixta. Esta ausencia de diferencias entre tipos de plantación puede estar asociada a variables ambientales que no son controladas como: el tipo de suelo, profundidad, humedad, competencia intra e inter-específica que no permiten tener inferencia sobre el efecto del tipo de plantación con la sobrevivencia y el crecimiento de las especies en estudio.

Lafoensia acuminata es la especie que muestra buena adaptabilidad en escenarios bajo restauración, ya sea en plantaciones puras o combinadas; en esta fase inicial de investigación, la especie también presenta los mayores resultados en sobrevivencia y crecimiento.

Cedrela montana y *Jacaranda mimosifolia* presentan alta mortalidad y su crecimiento es limitado.

Se puede utilizar *Jacaranda mimosifolia* para actividades de recuperación, pero en plantaciones mixtas.

Los resultados de esta investigación no recomiendan la utilización de *Cedrela montana* para sistemas de plantación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE MENDOZA, Z. y LEÓN ABAD, N., 2011. Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la Quinta El Padmi, Zamora Chinchipe. *Arnaldoa* [en línea], vol. 18, no. 2, pp. 117-124. [Consulta: 21 octubre 2019]. ISSN 1815-8242. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/arnaldoa/articulo/sobrevivencia-y-crecimiento-inicial-de-especies-vegetales-en-el-jardin-botanico-de-la-quinta-el-padmi-zamora-chinchipe>.
- AGUIRRE MENDOZA, Z. y YAGUNA PUGLLA, C., 2016. Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación "Ing. Francisco Vivar". Loja, Ecuador: Francisco Vivar Castro. Universidad Nacional de Loja.
- AGUIRRE MENDOZA, Z.H. y MADSEN, J., 2001. *Diversidad y Composición Florística de un Área de Vegetación Disturbada por un Incendio Forestal* [en línea]. Tesis de maestría en manejo sustentable de recursos naturales. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://bibliotecas.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4323120T00094>
- AGUIRRE, N., GÜNTER, S., WEBER, M. y STIMM, B., 2006. Enrichment of *Pinus patula* plantations with native species in southern Ecuador. *Lyonia* [en línea], vol. 10, pp. 33-45. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/258234884_Enrichment_of_Pinus_patula_plantations_with_native_species_in_southern_Ecuador.
- AGUIRRE, Z. y LEÓN, N., 2010. Adaptación de especies nativas maderables y no maderables con potencial de aprovechamiento múltiple en el sur de la amazonia ecuatoriana. *Revista CEDEMAZ* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 73-80. Disponible en: <http://192.188.49.2/investigacion/revista/cedamaz-volumen-1/adaptaci%C3%B3n-de-especies-nativas-maderables-y-no-maderables>.
- Gentry A.H., 1992. Distributional patterns and their conservational significance. *Oikos*, DOI 10.2307/3545512.
- ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE DE ECUADOR, 2007. *Constitución de la República del Ecuador. Derechos de Libertad*. 2008 2007. S.l.: s.n.
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY CBD, 2010. *Strategic plan for biodiversity 2011 2020 and the Aichi targets* [en línea]. 2010. S.l.: Convention on Biological Diversity. [Consulta: 23 enero 2019]. Disponible en: <https://www.cbd.int/sp/targets/>.
- CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA, 2004. Conservation international. [en línea]. Colombia: Conservación Internacional Colombiana. Disponible en: <http://www.conservation.org.co/>.
- ETTER, A., MCALPINE, C. y POSSINGHAM, H., 2008. Historical Patterns and Drivers of Landscape Change in Colombia Since 1500: A Regionalized Spatial Approach. *Annals of the Association of American Geographers* [en línea], vol. 98, no. 1, pp. 2-23. [Consulta: 21 octubre 2019]. ISSN 0004-5608. DOI

10.1080/00045600701733911. Disponible en:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00045600701733911>.

GUARNIZO, C. y VILLA, M., 1995. *Inventario de los recursos suelo y vegetación del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación*. 1995. S.l.: "La Argelia" (PUEAR).

GÜNTER, S., WEBER, M., ERREIS, R. y AGUIRRE, N., 2007. Influence of distance to forest edges on natural regeneration of abandoned pastures: a case study in the tropical mountain rain forest of Southern Ecuador. *European Journal of Forest Research* [en línea], vol. 126, no. 1, pp. 67-75. [Consulta: 6 junio 2019]. ISSN 1612-4677. DOI 10.1007/s10342-006-0156-0. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0156-0>.

GÜNTER, S., WEBER, M., STIMM, B. y MOSANDL, R., 2011. *Silviculture in the Tropics* [en línea]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. [Consulta: 6 junio 2019]. Tropical Forestry. ISBN 978-3-642-19985-1. Disponible en: <https://www.springer.com/us/book/9783642199851>.

KNOKE, T., BENDIX, J., POHLE, P., HAMER, U., HILDEBRANDT, P., ROOS, K., GERIQUE, A., SANDOVAL, M.L., BREUER, L., TISCHER, A., SILVA, B., CALVAS, B., AGUIRRE, N., CASTRO, L.M., WINDHORST, D., WEBER, M., STIMM, B., GÜNTER, S., PALOMEQUE, X., MORA, J., MOSANDL, R. y BECK, E., 2014. Afforestation or intense pasturing improve the ecological and economic value of abandoned tropical farmlands. *Nature Communications* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 1-12. [Consulta: 21 octubre 2019]. ISSN 2041-1723. DOI 10.1038/ncomms6612. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/ncomms6612>.

LAESTADIUS, L., MAGINNIS, S., MINNEMEYER, S., POTAPOV, P., SAINT-LAURENT, C. y SIZER, N., 2011. Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal. *Unasylva* [en línea], vol. 62, no. 2, pp. 47-48. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i2560s/i2560s08.pdf>.

MAZÓN, M., MAITA, J. y AGUIRRE, N., 2017. Restauración del paisaje en Latinoamérica: experiencias y perspectivas futuras. En: *Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, CONDESAN, pp. 231.

MENDOZA, A. y ARTURO, N., 2010. CRECIMIENTO INICIAL DE TABEBUIA CHRYSANTHA Y CEDRELA MONTANA CON FINES DE REHABILITACION DE AREAS ABANDONADAS EN EL TROPICO HUMEDO ECUATORIANO. *Revista ECOLOGIA FORESTAL REVISTA DE LA CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL* [en línea], vol. 1. [Consulta: 21 octubre 2019]. ISSN 1390-6135. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/329>.

MOSTACEDO, B. y PINARD, M., 2001. Ecología de semillas y plántulas de árboles maderables en bosques tropicales de Bolivia. *Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bolivia*, pp. 11-29.

- MURCIA, C., GUARIGUATA, M.R., PERALVO, M. y GÁLMEZ, V., 2017. La restauración de bosques andinos tropicales: Avances, desafíos y perspectivas del futuro. [en línea]. S.l.: Center for International Forestry Research. [Consulta: 11 junio 2019]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/resrep16194>. JSTOR
- PALACIOS HERRERA, B., AGUIRRE MENDOZA, Z. y LOZANO S., D., 2015. Experiencias de Enriquecimiento Forestal en Bosque Secundario en la Microcuenca "El Padmi", Zamora Chinchipe Ecuador. *Revista CEDEMAZ* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 05-11. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/379414228/Experiencias-de-Enriquecimiento-Forestal-en-Bosque-Secundario-en-la-Microcuenca-El-Padmi-Zamora-Chinchipe-Ecuador>.
- QUESADA-MONGE, R., ACOSTA-VARGAS, L.G., GARRO-CHAVARRÍA, M. y CASTILLO-UGALDE, M., 2012. Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], vol. 25, no. 5, pp. ág. 55-66. [Consulta: 11 junio 2019]. ISSN 2215-3241. DOI 10.18845/tm.v25i5.474. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/474.
- MAZÓN, M. y AGUIRRE, N., 2016. Resúmenes del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración de Paisajes. Ecuador: Universidad Nacional de Loja, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, Ministerio del Ambiente, y Universidad Técnica Particular de Loja.
- REYERS, B., 2004. Incorporating anthropogenic threats into evaluations of regional biodiversity and prioritisation of conservation areas in the Limpopo Province, South Africa. *Biological Conservation* [en línea], vol. 118, no. 4, pp. 521-531. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Incorporating-anthropogenic-threats-into-of-and-of-Reyers/4d487a9f3b4a2d623b9813684a9e9f678b02c3f6>.
- SENPLADES, 2017. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. [en línea]. Quito, Ecuador: Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe. [Consulta: 23 enero 2019]. Disponible en: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida-de-ecuador>.
- SER, 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration* [en línea]. 2004. S.l.: SER (Society for ecological restoration). [Consulta: 21 enero 2019]. Disponible en: https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERPrimer.pdf.
- SILVER, W., OSTERTAG, R. y LUGO, A.E., 2000. El potencial de la captura de carbono a través de la reforestación de tierras agrícolas y de pasturas abandonadas. *Restaurador. Ecol*, vol. 8, no. 4, pp. 394-407.
- VASSEUR, L., 2012. Restoration of Deciduous Forests. *Nature Education Knowledge*. *Nature Education Knowledge* [en línea], vol. 3, no. 2. [Consulta: 21 enero 2019]. Disponible en: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/restoration-of-deciduous-forests-96642239>.

VOSS, O.H. van, M, N.A. y HOFSTEDE, R., 2001. *Sistemas forestales integrales para la sierra del Ecuador* [en línea]. S.l.: Editorial Abya Yala. ISBN 978-9978-04-746-0. Disponible en: https://books.google.com.cu/books?id=9VlfnxGHspsC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=Sistemas+forestales+integrales+para+la+sierra+del+ecuador.+Proyecto+de+Investigaciones+en+Ecosistemas+Tropicales&source=bl&ots=g7yIxnrFWB&sig=ACfU3U1gN5Cg_GnUDxrd6seHWtYN7otsrQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiMwICP_xuHiAhUyqIkKHbjdD1QQ6AEwA3oECAgQAQ#v=onepage&q=Sistemas%20forestales%20integrales%20para%20la%20sierra%20del%20ecuador.%20Proyecto%20de%20Investigaciones%20en%20Ecosistemas%20Tropicale s&f=false.

WRI WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2014. *Initiative 20x20* [en línea]. 2014. S.l.: WRI World Resources Institute. [Consulta: 23 enero 2019]. Disponible en: <http://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20>.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2019 Zhofre Huberto Aguirre Mendoza, Telmo Galecio Gaona Ochoa,
Vanessa Granda Moser, Juan Carlos Carrión González